

TR 101 290: 2006. - [Чинний від 2006-04-01]. - К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 166 с. - (Національний стандарт України). 3. *Баляр В. Б.* Оцінка погіршення характеристик системи цифрового телевізійного мовлення на рівні відеопотоку MPEG/ В.Б. Баляр// Цифрові технології. – 2011. - № 10. – С.70-78. 4. *Баляр В. Б.* Аналіз впливу спотворень в мобільному каналі на якість функціонування систем зі стисненням MPEG/ В. Б. Баляр, М. В. Мазур// Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2012. - № 1. – С. 122-131. 5. Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2): ETSI EN 302 755. – Sophia, France: ETSI, 2009. – 164 p. 6. Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2): ETSI TR 102 831. – Sophia, France: ETSI, 2010. – 217 p. 7. Цифрове телевізійне мовлення. Канал передавання випробувальних і вимірювальних сигналів системи DVB, вбудований у транспортний потік MPEG-2. Загальні технічні вимоги (ETSI TR 101 291: 1998, IDT): ДСТУ ETSI TR 101 291: 2009. - [Чинний від 2011-01-01]. - К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 37 с. - (Національний стандарт України).

*Надійшла до редколегії 20.02.2013*

УДК 691.397

**Суб'єктивно-статистична оцінка технічної якості роботи системи DVB-T2 на рівні транспортного потоку / В.Б. Баляр // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 11 (985). – С. 53-64. – Бібліогр.: 7 назв.**

В статье представлены результаты субъективно-статистической оценки технического качества работы системы DVB-T2 при проведении ее на уровне транспортного потока MPEG-2 в разных условиях приема сигналов цифрового телевизионного вещания. Проведен детальный анализ последствий ухудшения условий приема на уровне транспортного потока с учетом отличий в его структуре и предложены возможные технические решения по повышению оперативности и эффективности системы мониторинга качества работы сети цифрового вещания.

**Ключевые слова:** DVB-T2, MPEG-2 TS, измерения, приоритет ошибки, субъективное ухудшение, Matlab.

In article the results of subjective-statistical estimation of DVB-T2 technical operational quality on MPEG-2 transport stream in different reception conditions of digital television broadcasting are presented. Detail analysis of receiving condition degradation on transport stream level with consideration its structure is conducted. Possible technical solutions on increasing of operability and efficiency for monitoring system of operation quality of digital broadcasting networks are proposed.

**Keywords:** DVB-T2, MPEG-2 TS, measurements, error priority, subjective degradation, Matlab.

УДК: 005.53:655

**И. В. ЛЕВЫКИН**, канд. техн. наук, доц., ХНУРЭ, Харьков;

**А. И. ХОРОШЕВСКИЙ**, аспирант, ХНУРЭ, Харьков

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫБОРА СУС ДЛЯ РАЗРАБОТКИ УДАЛЁННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ИЗДАТЕЛЬСКОЙ СИСТЕМЫ**

В статье моделируется процесс выбора систему управления содержимым (СУС) для разработки на её базе удалённой информационной аналитической издательской системы (УИАИС). Выбор базируется на основании двух циклов управления процессом определения наиболее важных критериальных групп и их элементного состава с возможностью усечения элементов, являющихся низкоприоритетными.

**Ключевые слова:** систему управления содержимым, удалённая информационная аналитическая издательская система, полиграфическое предприятие, метод обработки экспертной информации, теория статистики.

© **И. В. ЛЕВЫКИН, А. И. ХОРОШЕВСКИЙ**, 2013

## **Вступление**

Одним из факторов, способствующих развитию современных полиграфических предприятий, повышению их конкурентоспособности, является внедрение и использование удаленных информационных аналитических издательских систем (УИАИС). Как было отмечено в [1, 2, 3], данные системы позволяют автоматизировать процессы приёма заказов, оформления и утверждения макетов печатной продукции; сократить время выполнения заказа, снизить вероятность возникновения ошибки на начальном этапе производства, упростить выполнение повторных заказов и заказов с малым количеством изменений в макете изделия, а также освободить сотрудников предприятия от процедуры согласования заказа. Это, в свою очередь, уменьшает затраты предприятий за счёт того, что заказчик при помощи УИАИС самостоятельно выполняет некоторые функции, которые ранее выполнялись непосредственно сотрудниками предприятия. Встроенная в систему функциональная возможность проверки макета позволяет автоматически выявить те изображения, которые не отвечают условиям печати. Наличие шаблонов даёт возможность контролировать использование фирменной символики. Клиент может подключить к работе над заказом профессионального дизайнера (на любом допечатном этапе). Важным преимуществом таких систем перед информационными системами автоматизации полиграфических предприятий является то, что дизайнеры и клиенты имеют доступ к личному и публичному каталогу шаблонов оформления макетов изделия с возможностью их изменения фактически до начала печати продукции. При этом клиенты могут утвердить макет без необходимости личного присутствия на предприятии, в типографии.

Вышеперечисленное обеспечивает легкую интеграцию заказчика в процесс оформления и работы над заказом, высокую степень удобства, прозрачность функционирования и простоту понимания работы УИАИС (с позиции пользователя-заказчика). Однако, чтобы всё это было реализовано в системе, необходимо обеспечить её полное и логически правильное наполнение содержимым (контентом), что, в свою очередь, говорит об актуальности исследования вопроса, касающегося процесса рационального выбора системы управления содержимым (СУС) [4], которая и обеспечивает (с позиции разработчика УИАИС) правильный, целостный и логически понятный пользователю конечный результат работы УИАИС.

## **Анализ последних исследований и литературы**

Стоит отметить, что на рынке программных продуктов, в основном зарубежном, существует большое количество готовых УИАИС [2]. Однако, с позиции их практического применения на отечественных полиграфических предприятиях, данные системы обладают рядом существенных недостатков: высокая стоимость готовых УИАИС препятствует их приобретению малыми и средними полиграфическими предприятиями Украины; разработанные УИАИС, как правило, требуют дорогостоящего аппаратного обеспечения (серверов); отсутствие методик создания УИАИС на основе бесплатного или недорогого программного обеспечения и отсутствие образцов типизированного технического задания для написания программных модулей УИАИС усложняет процесс разработки подобных систем.

В работе [5] рассмотрены три подхода к решению проблемы внедрения на предприятии УИАИС: приобрести готовую УИАИС, заказать разработку УИАИС под свои конкретные задачи и разработать УИАИС на основании готовой СУС. Следует отметить тот факт, что существующие УИАИС, как правило, созданы на базе собственных СУС и, как следствие, сложно расширяемы. Что касается разработки

УИАИС на основании готовой СУС, то в данном направлении авторами работ [1, 2, 6 – 8] была проведена теоретическая проработка, результатом которой стал перечень требований к УИАИС (например, наличие функций системы управления содержимым, возможности персонализации, средств электронной коммерции, подтверждения технологического процесса, интеграции, интерфейса взаимодействия и т. д.), которым, как продуцирующее звено, и должна удовлетворять СУС. Однако, вопрос, касающийся разработки конкретного инструментария для осуществления процесса выбора СУС, как основы для разработки УИАИС, так и остался открытым. Этот факт и обосновывает актуальность исследования в данном направлении.

### **Цель исследования, постановка проблемы**

Целью данной статьи является моделирование процесса выбора СУС, которая рассматривается как основа для разработки УИАИС.

Научная новизна исследования заключается в возможности выбора СУС на основе введения 2-х циклов управления процессом определения наиболее важных критериальных групп и их элементного состава с возможностью усечения элементов, являющихся низкоприоритетными.

Исследование базируется на использовании такого экономико-математического инструментария: методы обработки экспертной информации (на основе метода ранжирования) [9], теория статистики (на основе метода группировки) [10] и методы многокритериальной оптимизации (на основе метода свертывания критериев) [11].

### **Материалы исследования**

В основе выбора СУС лежит процесс принятия решения о целесообразности использования конкретной СУС для реализации на её базе УИАИС.

Процесс моделирования разделяется на 4 этапа, каждый из которых содержит последовательность соответствующих действий, необходимых для реализации принятия решения о выборе конкретной СУС:

этап 1: анализ видов СУС и формирование критериальной базы;

этап 2: управление процессом усечения множества критериальных групп (в рамках цикла №1 (Ц1) – анализ весомости критериальных групп);

этап 3: определение низкоприоритетных критериев в составе критериальных групп (в рамках цикла №2 (Ц2) – анализ веса критериев в группах);

этап 4: определение функции полезности и выбор СУС.

Рассмотрим содержательное наполнение данных этапов.

**Этап 1.** На данный момент существует два вида систем СУС (далее, альтернатив  $A_i^v$ , при  $i = \overline{1, s}$ ,  $v = \overline{1, 2}$ , где  $i$  – порядковый номер системы,  $v$  – вид системы):  $A_i^{v=1}$  – коммерческие (системы с закрытым исходным кодом) и  $A_i^{v=2}$  – некоммерческие или бесплатные (системы с открытым исходным кодом). Стоит отметить, что именно второй вид систем даёт возможность использовать как платные, так и бесплатные расширения для решения тех или иных функциональных задач. Как правило, для  $A_i^{v=2}$  существует большое количество различных расширений, не обязательно платных. Также, если сама система уже много лет (7 и более) на рынке программного обеспечения, то для неё существует множество локализаций и документации.

Проанализировав основные преимущества и недостатки систем управления содержимым  $A_i^{v=2}$  по сравнению с коммерческими проектами [8, 12, 13], можно сказать, что к основным преимуществам относятся:

1) *высокое качество кода;*

- 2) *целевая заинтересованность;*
- 3) *решение проблемы использования;*
- 4) *финансовая привлекательность;*
- 5) *функциональная расширяемость.*

К основным недостаткам следует отнести:

- 1) *ограничение на форматы;*
- 2) *неразвитость систем обучения и сертификации.*

Данные недостатки не уменьшают информационной ценности систем второго вида ( $A_i^{v=2}$ ), а качество кода, целевая заинтересованность, решение проблемы использования, финансовая привлекательность и функциональная расширяемость подтверждают рациональность выбора систем данного вида.

После определения вида систем, которые будут участвовать в исследовании, необходимо сформировать перечень критериев для выбора  $A_i^{v=2}$ .

Для формирования перечня критериев, который будет фигурировать в рамках данного исследования, проанализируем существующие точки зрения на содержательный аспект выделяемых критериев. Например, авторами [8, 12, 13] основной акцент был сделан на следующих критериях выбора:

- 1) *поисковая оптимизация (SEO);*
- 2) *расширяемость и масштабируемость;*
- 3) *функциональность;*
- 4) *системные требования;*
- 5) *стоимость;*
- 6) *развитие системы;*
- 7) *наличие справочной системы и обучающих материалов;*
- 8) *возможность написания собственных расширений.*

При сравнении нескольких наиболее популярных в Украине СУС (Joomla, Mambo, Drupal, WordPress, Bitrix) по формальным критериям на Cmsmatrix [14], а также на официальных сайтах производителей СУС, были предложены следующие десять групп критериев выбора: 1) системные требования, 2) безопасность, 3) поддержка, 4) лёгкость использования, 5) производительность, 6) управление, 7) возможность взаимодействия, 8) возможности по настройке, 9) встроенные расширения, 10) коммерция. Каждая из выделенных групп, в свою очередь, была детализирована на элементарные составляющие. Исследуя функциональное наполнение данных групп, можно ответить, что всё выделенное ранее авторами [8, 12, 13] в рамках групп, предложенных Cmsmatrix [14], агрегировалось и детализировалось, т.е. находило своё отображение.

Обобщая результаты исследований авторов [8, 12 – 14], был сформирован перечень критериев выбора (далее, критериев  $K_j^g$ , при  $g = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ , где  $g$  – номер группы критериев,  $j$  – порядковый номер критерия в группе) для систем типа  $A_i^{v=2}$ , положенный в основу данного исследования. В качестве альтернатив для выбора  $A_i^{v=2}$  были взяты: Drupal ( $A_{i=1}^{v=2}$ ), Joomla ( $A_{i=2}^{v=2}$ ), Mambo ( $A_{i=3}^{v=2}$ ) и WordPress ( $A_{i=4}^{v=2}$ ).

В табл. 1 приведен фрагмент перечня критериев для двух групп.

*Пояснения к обозначениям в таблице:* «Да» – реализуется; «Нет» – не реализуется; «Рас.» – расширение, означает, что непосредственно в СУС такой функциональной возможности нет, но её реализация возможна путём установки

дополнительного бесплатного расширения; «Огран.» – ограничено, указывает на то, что данная функциональная возможность присутствует в системе с ограничениями по возможностям её использования; «За доп. плату» – за дополнительную плату (присутствует в полной таблице критериев), означает, что данная функциональная возможность может быть представлена в системе при условии покупки необходимого расширения.

Смысловое значение реализованности критериев («Да», «Нет», «Рас.», «Огран.», «За доп. плату») по СУС в дальнейшем (будет рассмотрено на этапе 4 данного исследования) предлагается интерпретировать через конкретное числовое представление.

Таблица 1 - Фрагмент перечня критериев выбора систем вида  $A_i^{v=2}$

Критерии \ Системы		Drupal	Joomla	Mambo	WordPress
№	наименование критерия	( $A_{i=1}^{v=2}$ )	( $A_{i=2}^{v=2}$ )	( $A_{i=3}^{v=2}$ )	( $A_{i=4}^{v=2}$ )
Группа «Возможности по настройке» ( $K_{j=1,9}^{g=8}$ )					
1	Поддержка режима CGI	Да	Да	Нет	Нет
2	Перемещение содержимого	Огран.	Да	Огран.	Нет
3	Расширяемые профили пользователя	Да	Да	Рас.	Рас.
4	Локализация интерфейса	Да	Да	Да	Да
5	Метаданные	Да	Да	Да	Да
6	Многоязычное содержание	Да	Рас.	Рас.	Рас.
7	Многоязычная интеграция содержимого	Да	Рас.	Рас.	Рас.
8	Поддержка нескольких сайтов	Да	Рас.	Рас.	Нет
9	Поддержка перенаправления URL	Да	Да	Да	Да
Группа «Коммерция» ( $K_{j=1,7}^{g=10}$ )					
1	Управление товарами	Рас.	Рас.	Рас.	Нет
2	Подключение платёжных систем	Рас.	Рас.	Рас.	Нет
3	Подключение модулей доставки	Рас.	Рас.	Рас.	Нет
4	Подключение расчётов налогов	Рас.	Рас.	Рас.	Нет
5	Корзина	Рас.	Рас.	Рас.	Нет
6	Подписки	Рас.	Рас.	Рас.	Нет
7	Списки пожеланий	Рас.	Рас.	Нет	Нет
...					

Полный перечень критериев по всем 10 рассматриваемым группам является достаточно объемным (165 критериев), что сильно утяжеляет процесс его дальнейшего анализа и обработки. Поэтому актуальным является вопрос уменьшения набора критериальных групп и их элементного состава таким образом, чтобы оставить наиболее информативные из  $K_j^g$ . Этому процессу и посвящен следующий этап данного исследования.

**Этап 2.** Управление процессом усечения множества критериальных групп  $\hat{E}_j^g$  осуществляется в соответствии со следующей последовательностью шагов (от

формирования экспертной группы, которая будет работать с критериями, до усечения критериальных групп и проверки согласованности мнений экспертов и статистической значимости ранжировки). В качестве экспертов выступают специалисты, имеющие информацию о рассматриваемой задаче, но не несущие непосредственно ответственности за результат её решения [9, с. 11].

**Шаг 1.** Процедура формирования множества экспертов  $\{G_{b=1, \dots, c}\}$  осуществляется на основе оценки их профессиональной компетентности в областях знаний, соответствующих выделенным критериальным группам  $K_j^g$  ( $K_j^1$  – системные требования,  $K_j^2$  – безопасность,  $K_j^3$  – поддержка,  $K_j^4$  – лёгкость использования,  $K_j^5$  – производительность,  $K_j^6$  – управление,  $K_j^7$  – возможность взаимодействия,  $K_j^8$  – возможности по настройке,  $K_j^9$  – встроенные расширения,  $K_j^{10}$  – коммерция). Как отмечают авторы [9, с. 139]: «целесообразно включать в группу от 10 до 20 человек. Возможны отклонения, как в сторону увеличения, так и уменьшения». Для учета степени отклонения введем параметр  $\Delta = 2$ . Таким образом, количество экспертов в группе будет находиться в диапазоне:

$$10 \pm \Delta \leq \{G_{b=1, \dots, c}\} \leq 20 \pm \Delta \quad (1)$$

Процедура подбора начинается с формирования опросных листов, в которых каждый эксперт отмечает свою степень владения знаниями (sv) в конкретной области (табл. 2), т.е. производит самооценку по шкале от 0 до 1 с шагом = 0,25.

Таблица 2 - Шкала для оценивания степени владения экспертами  $\{G_{b=1, \dots, c}\}$  знаниями по критериальным группам ( $K_j^g$ )

Значение	Содержательное наполнение
$sv = 1$	b-й эксперт полностью владеет необходимыми знаниями для участия в процессе анализа g-й области знаний
$sv = 0,75$	b-й эксперт в высокой степени владеет необходимыми знаниями для принятия участия в процессе исследования множества g-й области знаний
$sv = 0,5$	b-й эксперт занимался вопросами, которые касаются данной области знаний, поэтому может принимать участие в анализе отдельных элементов
$sv = 0,25$	b-й эксперт в низкой степени владеет необходимыми знаниями, чтобы принимать участие в анализе g-й области знаний
$sv = 0$	b-й эксперт не владеет вопросами в рамках данной области знаний, чтобы принимать участие в анализе данной группы

Расчет суммарного уровня компетентности экспертов ( $Sum(G_b)$ ) по областям знаний, соответствующим критериальным группам, предлагается выполнять по формуле (2):

$$Sum(G_b) = \sum_{g=1}^n \sum_{vor=1}^x sv_{g \ vor} , \quad (2)$$

где  $Sum(G_b)$  – суммарный уровень компетентности b-го эксперта по совокупности g-ых критериальных групп;

vor – количество вопросов в рамках каждой их g-ых групп ( $vor = \overline{1, x}$ );

$sv$  – степень владения знаниями в предметной области критериальной группы, при  $0 \leq sv \leq 1$ .

Решение о включении эксперта в экспертную группу принимается, если справедливо неравенство  $Sum(G_b) \geq SR_b$ . Значение средней оценки компетентности экспертов ( $SR_b$ ) предлагается определять по формуле (3):

$$SR_b = \frac{SO_b}{c}, \text{ при } SO_b = \sum_b^c Sum(G_b), \quad (3)$$

где  $SO_b$  – суммарная оценка компетентности экспертов;

$c$  – количество экспертов.

В случае, когда количество человек в экспертной группе не находится в диапазоне, представленном формулой (1), или уровень компетентности эксперта меньше среднего по группе, принимается решение о продолжении процесса формирования экспертной группы. Иначе, группу считаем сформированной и переходим к следующему шагу исследования.

Пример полученного на основании вышеприведенных формул сводного опросного листа приведен в табл. 3.

Таблица 3 - Фрагмент сводного опросного листа по областям знаний экспертов

Эксперты, $\{G_{b=1,10}\}$	Кол-во вопросов в области знаний, vop				Суммарный уровень компетент- ности экспертов, Sum(G <sub>b</sub> )	Включение/ исключение из группы экспертов
	Степень владения знаниями по $K_j^g$					
	$vop(K_j^1)$ $\sum_{vop=1}^{10} sv_{vop}$	$vop(K_j^2)$ $\sum_{vop=1}^8 sv_{vop}$	$\dots$ $\dots$	$vop(K_j^{10})$ $\sum_{vop=1}^7 sv_{vop}$		
G <sub>1</sub>	10 4	8 3,25	$\dots$ $\dots$	7 1,25	27	-
G <sub>2</sub>	10 3,75	8 2	$\dots$ $\dots$	7 3,25	32	+
...	...	...	...	...	...	...
G <sub>10</sub>	10 4,25	8 3,75	$\dots$ $\dots$	7 2,5	30,25	+
Суммарная оценка компетентность экспертов, SO <sub>b</sub>					288,85	
Средняя оценка компетентность экспертов, SR <sub>b</sub>					28,885	

**Шаг 2.** Сформированная экспертная группа принимает участие в процессе экспертизы базового множества критериальных групп. В результате проведения данной экспертизы будут получены коэффициенты весомости каждой из групп, которые в дальнейшем (на этапе №4) примут участие в процессе расчета функции полезности при выборе наиболее подходящей альтернативы из множества  $A_i^{v=2}$ . Для определения весовых коэффициентов используется метод обработки экспертной информации (а именно, метод ранжирования – строгое ранжирование) [9, С. 144–147].

Обоснование выбора данного метода базируется на том, что в процессе ранжирования отсутствует ситуация, когда необходимо одновременно учитывать несколько признаков, по которым ведется оценивание объекта, отсутствует

расстояние между оценками, представляет интерес только взаимное упорядоченное расположение объектов, отсутствуют исходные статистические данные. Учитывая изложенное, считаем целесообразным использование метода ранжирования (вид – строгое ранжирование).

Допущения экспертного оценивания:

- 1) эксперты изолированы один от другого;
- 2) обратная связь отсутствует.

Результирующие оценки (независимые мнения), предоставляемые экспертами  $\{G_{b=1, c}\}$ , группируются в соответствующей таблице, фрагмент которой приведен ниже (табл. 4).

Таблица 4 - Определение результирующих рангов и весов критериальных групп

Критериальные группы, $K_j^g$	Эксперты, $\{G_{b=1, 10}\}$										Сумма рангов, $\sum_{b=1}^c x_{gb}$	Результирующий ранг, R	Вес, $V_g$
	$G_1$	$G_2$	$G_3$	$G_4$	$G_5$	$G_6$	$G_7$	$G_8$	$G_9$	$G_{10}$			
$K_j^1 \mapsto K_1$	2	1	1	1	2	1	3	3	1	2	17	1	0,0309
$K_j^2 \mapsto K_2$	4	9	8	7	5	5	8	6	8	6	66	7	0,1200
$K_j^3 \mapsto K_3$	6	7	5	5	8	7	6	8	7	9	68	8	0,1236
$K_j^4 \mapsto K_4$	10	8	10	9	10	10	9	9	10	8	93	10	0,1691
$K_j^5 \mapsto K_5$	1	3	3	2	1	4	2	1	5	1	23	2	0,0418
$K_j^6 \mapsto K_6$	5	4	6	8	7	3	7	5	4	7	56	5	0,1018
$K_j^7 \mapsto K_7$	3	2	2	4	6	6	4	2	6	5	40	4	0,0727
$K_j^8 \mapsto K_8$	7	6	7	6	4	8	5	10	3	4	60	6	0,1091
$K_j^9 \mapsto K_9$	8	5	4	3	3	2	1	4	2	3	35	3	0,0636
$K_j^{10} \mapsto K_{10}$	9	10	9	10	9	9	10	7	9	10	92	9	0,1673
Сумма рангов, $\sum_{g=1}^n \sum_{b=1}^c x_{gb}$ :											550		$\sum_{g=1}^n V_g = 1$

Результаты опроса экспертов сводятся в таблицу, где на пересечении g-й строки и b-го столбца проставляются ранги. Чем больше значение в ячейке  $x_{bj}^g$ , тем важнее (по мнению эксперта) группа. Так как на данном этапе исследования j-е элементы критериальных групп не принимают участие в расчетных операциях, то на основе использования логического оператора в правилах вывода – переписывания ( $\mapsto$ ) [15], сделаем следующее упрощение записи для критериальных групп:  $x_{bj}^g \mapsto x_{gb}$  (базируясь на этом, будет справедлива и следующая запись:  $K_j^g \mapsto K_g$ ). При этом, чем выше результирующий ранг (R), тем важнее критериальная группа.

Расчет коэффициентов весомости  $V_g$  по всем оценочным значениям  $x_{gb}$  выполняется по следующей формуле:



$$V_g = \frac{\sum_{b=1}^c x_{gb}}{\sum_{g=1}^n \sum_{b=1}^c x_{gb}}, \quad (4)$$

где  $V_g$  – коэффициент весомости  $g$ -й критериальной группы (при  $n$  – количество групп,  $c$  – количество экспертов, принимающих участие в оценке).

Таким образом, в результате экспертизы базового множества критериальных групп определяются их коэффициенты весомости. Значения коэффициентов свидетельствуют о важности их учета при выборе СУС.

Для уменьшения информационного пространства групп, которые будут включены в процесс принятия решения про выбор СУС, предлагается определить наиболее важные из групп, а те, которые не обладают информационной ценностью, соответственно, исключить из дальнейшего анализа. Исходя из сформированного авторами [16, С. 305] вывода о том, что 90% от общей совокупности анализируемых элементов (критериев) являются абсолютно достаточными для дальнейшего рассмотрения, анализа и принятия решения, остановимся на следующих критериальных группах:  $K_2, K_3, K_4, K_6, K_7, K_8, K_{10}$ , суммарная весомость которых составила 0,8636. И, соответственно, исключим из рассмотрения группы:  $K_1, K_5, K_9$  суммарной весомостью 0,1364.

**Шаг 3.** После того, как из исследования были исключены наименее значимые группы, необходимо выполнить пересчет весомости для оставленных в исследовании наиболее значимых критериальных групп. Расчет приведенных весовых коэффициентов значимых групп выполняется по формуле:

$$PV_h = \frac{V'_z}{\sum_{z=1}^h V'_z}, \quad (5)$$

где  $PV_h$  – приведенный коэффициент весомости критериальной группы;

$h$  – число наиболее значимых критериальных групп (при  $h \in 1, g$ );

$V'_z$  – коэффициенты весомости для наиболее значимых критериальных групп (выделенных на предыдущем шаге исследования, при  $V_g \mapsto V'_z$ ).

Результаты расчета приведенных коэффициентов весомости наиболее значимых групп представлены в таблице 5.

**Шаг 4.** Для подтверждения того, что мнения экспертов являются согласованными, а не случайными распределениями рангов, производится вычисление коэффициента конкордации ( $W$ ), введенного М. Кендаллом. Значение коэффициента  $W$  находится в интервале от 0 до 1, при этом, чем значение ближе к 1, тем выше согласованность мнений в экспертной группе.

Основываясь на [9, С. 144–145], коэффициент  $W$  для строгого ранжирования предлагается рассчитывать по формуле:

$$W = \frac{12 \sum_{z=1}^h [S_z - S_{\text{сред}}]^2}{C^2 (h^3 - h)}, \quad (6)$$

где  $S_z$  – сумма рангов, данная экспертами по каждой значимой критериальной группе (при  $z = \overline{1, h}$ ,  $h \in \overline{1, g}$ ), которая рассчитывается как:

$$S_z = \sum_{b=1}^c x_{zb} . \quad (7)$$

$S_{\text{sred}}$  – среднее значение рангов, рассчитываемое по формуле:

$$S_{\text{sred}} = \sum_{z=1}^h S_z / h , \quad (8)$$

$h$  – число наиболее значимых критериальных групп;

$C$  – число экспертов (при  $\{G_{b=\overline{1, c}}\}$ ).

Таблица 5 - Приведенные весовые коэффициенты значимых критериальных групп

Значимые критериальные группы	Коэффициенты весомости, $V'_z$	Приведенный вес, $PV_h$
$K_2$	0,1200	0,1389
$K_3$	0,1236	0,1432
$K_4$	0,1691	0,1958
$K_6$	0,1018	0,1179
$K_7$	0,0727	0,0842
$K_8$	0,1091	0,1263
$K_{10}$	0,1673	0,1937
Суммы:	0,8636	1,0000

Рассчитаем коэффициент конкордации. В соответствии с данными, приведенными в табл. 4, суммы  $S_z$  значимых критериальных групп равны:

$S_{z=1} = 93$  (для группы  $K_4$ );

$S_{z=2} = 92$  (для группы  $K_{10}$ );

$S_{z=3} = 68$  (для группы  $K_3$ );

$S_{z=4} = 66$  (для группы  $K_2$ );

$S_{z=5} = 60$  (для группы  $K_8$ );

$S_{z=6} = 56$  (для группы  $K_6$ );

$S_{z=7} = 40$  (для группы  $K_7$ ).

Значение  $S_{\text{sred}}$  составляет:  $(93+92+68+66+60+56+40)/7=67,8$ .

Подставляя значения в формулу(6), получаем:

$$W = \frac{12 \cdot ((93-67,8)^2 + (92-67,8)^2 + (68-67,8)^2 + (66-67,8)^2 + (60-67,8)^2 + (56-67,8)^2 + (40-67,8)^2)}{10^2(343-7)} =$$

$$= \frac{12 \cdot (635,04 + 585,64 + 0,04 + 3,27 + 60,83 + 139,24 + 772,84)}{100 \cdot 336} = \frac{12 \cdot 2196,9}{33600} = \frac{26362,8}{33600} = 0,78$$

Значение коэффициента конкордации ( $W=0,78$ ) говорит о том, что мнения экспертов в процессе определения важности критериальных групп для выбора СУС являются вполне согласованными.

**Шаг 5.** Для определения статистической значимости рассчитанного на предыдущем шаге значения  $W$  используем критерий  $\chi^2$ . Базируясь на [9, С. 146] примем, что  $C \cdot (h-1) \cdot W$  имеет  $\chi^2$ -распределение с  $h-1$  степенью свободы (st) и вероятностью ошибки  $P_{\text{ош}} = 0,01$ . Вычисляя величину  $\chi^2$ , получим:  $10 \cdot 6 \cdot 0,78 = 46,8$ ,

при этом  $st = 6$ . По таблицам  $\chi^2$ -распределения [17] для  $st = 6$  значение  $\chi^2_{0,01}(6) = 16,81$ . Основываясь на том, что вычисленное значение  $\chi^2 = 46,8$  превышает табличное  $\chi^2_{0,01} = 16,81$ , делается вывод, что полученная ранжировка статистически значима. Это в свою очередь означает, что мнения экспертов являются согласованными, а результаты ранжировки критериальных групп – корректны.

**Этап 3.** Входными данными для данного этапа являются наиболее значимые критериальные группы, в рамках которых и осуществляется определение низкоприоритетных критериев. Данные критерии предлагается исключить из дальнейшего рассмотрения в силу их малой ценности при выборе СУС. Для проведения экспертного оценивания элементов критериальных групп предлагается такая последовательность шагов.

**Шаг 1.** Экспертной группе предлагается определить вес критериев в каждой из выделенных на предыдущем этапе исследования значимых критериальных групп ( $K_g$ ), и поскольку на данном этапе будут рассмотрены не сами группы, а их элементный состав, рационально сделать обратное приведение вида:  $K_g \mapsto K_j^g$ , чтобы включить в рассмотрение множество  $j$ -х критериев в рамках каждой  $g$ -й группы. Таким образом, в исследовании участвуют группы со следующим количеством критериев (общее количество критериев по всей выборке = 85):  $K_{j=1,19}^{g=2}$  – безопасность,  $K_{j=1,15}^{g=3}$  – поддержка,  $K_{j=1,16}^{g=4}$  – легкость использования,  $K_{j=1,13}^{g=6}$  – управление,  $K_{j=1,6}^{g=7}$  – возможность взаимодействия,  $K_{j=1,9}^{g=8}$  – возможности по настройке,  $K_{j=1,7}^{g=10}$  – коммерция.

Для определения веса критериев экспертам был задан вопрос: «Какова важность критерия в процессе выбора СУС?». Для оценки ответов ( $U_{jb}^g$ ) экспертов ( $G_{b=1,10}$ ) предлагается использовать шкалу от 0 до 3 (0 – не важно, 1 – не очень важно, 2 – важно, 3 – очень важно). Для примера, результаты по группе «Возможности по настройке» ( $K_{j=1,9}^{g=8}$ ) имеют вид (табл. 6).

Средний ранг критерия ( $Q_j^g$ ) в рамках группы определяется по формуле:

$$Q_j^g = \frac{\sum_{b=1}^{10} U_{jb}^g}{c}, \quad (9)$$

где  $U_{jb}^g$  – оценка эксперта в таблице по  $g$ -й группе, которая стоит на пересечении  $j$ -й строки (при  $j = \overline{1, m}$ ,  $j$  – порядковый номер критерия в группе) и  $b$ -го столбца (при  $b = \overline{1, c}$ ,  $b$  – порядковый номер эксперта);

$c$  – количество экспертов в группе;

где  $SR_j^g$  – степень реализации критерия в группе (исходя из максимально возможной степени, когда все эксперты оценивают его, как «3 – очень важно»):

$$SR_j^g = \frac{\sum_{b=1}^c U_{jb}^g}{\max}, \quad (10)$$

где  $\max$  – максимально возможная степень реализации критерия, рассчитывается как произведение «3» (по шкале – «очень важно») • общее количество экспертов ( $c$ ), принимающих участие в оценивании:

$$\max = 3 \cdot c. \quad (11)$$

Таблица 6 - Оценивание критериальной группы «Возможности по настройке»

$$(K_{j=1,9}^{g=8})$$

Эксперты Критерии	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>	G <sub>5</sub>	G <sub>6</sub>	G <sub>7</sub>	G <sub>8</sub>	G <sub>9</sub>	G <sub>10</sub>	$\sum_{b=1}^{10} U_{jb}^g$	С.ран $Q_j^g$	Степень, $SR_j^g$
Поддержка режима CGI ( $K_{j=1}^{g=8}$ )	2	1	3	2	2	1	1	0	1	1	14	1,4	0,467
Перемещение содержимого ( $K_{j=2}^{g=8}$ )	2	1	1	3	2	2	1	3	2	1	18	1,8	0,600
Расширяемые профили пользователя ( $K_{j=3}^{g=8}$ )	2	2	2	0	0	2	3	0	3	1	15	1,5	0,500
Локализация интерфейса ( $K_{j=4}^{g=8}$ )	3	2	3	2	1	2	0	0	0	1	14	1,4	0,467
Метаданные ( $K_{j=5}^{g=8}$ )	3	2	3	1	0	1	3	3	0	3	19	1,9	0,633
Многоязычное содержание ( $K_{j=6}^{g=8}$ )	1	2	0	2	1	2	2	1	0	0	11	1,1	0,367
Многоязычная интегра-ция содержимого ( $K_{j=7}^{g=8}$ )	1	2	0	0	0	2	2	0	1	1	9	0,9	0,300
Поддержка нескольких сайтов ( $K_{j=8}^{g=8}$ )	1	3	2	1	2	0	3	3	1	3	19	1,9	0,633
Поддержка перенап- равления URL ( $K_{j=9}^{g=8}$ )	3	2	3	2	0	1	2	0	1	0	14	1,4	0,467

В результате обработки данных (по  $Q_j^g$ ) по всем 7 группам был получен следующий ряд распределения (табл. 7).

Таблица 7 - Ряд распределения

	[0; 1]	[1; 2]	[2; 3]
Количество критериев	4	72	9

**Шаг 2.** После получения ряда распределения по всей выборке критериев, на основе использования формулы для определения величины равного интервала ( $In$ ) [10, С. 79], осуществляется расчет шага интервала:

$$In = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{kol} \quad (12)$$

где  $D_{\max}$  и  $D_{\min}$  – максимально и минимальное значение признака в ряде распределения;

$kol$  – количество интервалов.

Обоснование выбора формулы для расчета именно равного интервала базируется на том, что «если вариация признака проявляется в сравнительно узких границах и распределение носит более или менее равномерный характер, то строят группировку с равными интервалами» [10, С. 78].

Основываясь на формуле (12), получаем:  $In = (72-4)/3 = 22,66$ , округляя которое получаем  $In = 23$ . Как отмечено в [10, С. 79], округление до целого справедливо, когда «рассчитанная величина интервала имеет две значащие цифры до запятой и несколько знаков после запятой».

Определение шага дало возможность сформировать такие интервалы:

1 интервал: от 4 до 27;

2 интервал: от 27 до 50;

3 интервал: от 50 до 73.

После перевода в процентное представление получаем интервалы:

1 интервал: [0,054; 0,369);

2 интервал: [0,369; 0,685);

3 интервал: [0,685; 1].

**Шаг 3.** Основываясь на данных интервалах предлагаются следующие диапазоны для критериев:

$1 \geq SR_j^g \geq 0,685$  – диапазон высокого приоритета;

$0,685 > SR_j^g \geq 0,369$  – диапазон среднего приоритета;

$0,369 > SR_j^g \geq 0,054$  – диапазон низкого приоритета.

Данные диапазоны используются при определении важности включения критерия в процесс выбора СУС. Отмечу, что множество критериев, которые планируется использовать в процессе выбора СУС должно содержать только критерии, степень реализации ( $SR_j^g$ ) которых находится в диапазонах высокого и среднего приоритета. Критерии, значения которых попадают в диапазон с низким приоритетом, должны быть исключены из дальнейшего рассмотрения.

Так, базируясь на вышеизложенном, из дальнейшего рассмотрения в представленном примере (см. табл. 6) должны быть исключены критерии: «Многоязычное содержание ( $SR_{j=6}^g = 0,367$ )  $< 0,369$ » и «Многоязычная интеграция содержимого ( $SR_{j=7}^g = 0,300$ )  $< 0,369$ ».

**Этап 4.** Для интерпретации реализованности критериев по СУС (фрагмент приведен в табл. 1) с целью перевода их качественной характеристики в количественное представление предлагается всем значениям «Да» присвоить «1»,

«Нет» присвоить «0», а значениям «Рас.», «Огран.» и «За доп. плату» присвоить «0,5», формально обозначив данный параметр  $PL_j^g$ .

Определённые на предыдущих этапах и шагах процесса моделирования значения весовых коэффициентов групп, веса критериев в группах и данная интерпретация реализованности критериев предоставляют возможность для определения функции полезности каждой СУС в процессе принятия решения о разработке на её основе УИАИС.

### Результаты исследования

Расчёт функции полезности по СУС позволяет исследовать состояние по каждой СУС и принять решение о выборе наиболее предпочтительной. Базируясь на [11, С. 104–109], предлагается функция полезности ( $f$ ) по каждой  $g$ -й группе критериев вида:

$$Znach_{ij}^g = f(A_i^{v=2}, KB_j^g), \quad (13)$$

где  $Znach_{ij}^g$  – значение элемента матрицы полезности, которое характеризует результат выбора альтернативы ( $A_i^{v=2}$ ) при конкретном состоянии её внутренней среды ( $KB_j^g$ );

$KB_j^g$  – взвешенный балл (отражает состояние реализации по критериям  $K_j^g$ ).

Для определения  $KB_j$  предлагается следующая формула:

$$KB_j^g = SR_j^g * PL_j^g, \quad (14)$$

где  $SR_j^g$  – степень реализации критерия в группе;

$PL_j^g$  – значения реализованности критерия в рамках шкалы «0, 0.5, 1».

Так как критериальных групп несколько и по каждой была получена соответствующая матрица полезности, необходимо свести все полученные результаты, рассчитав результирующую функцию полезности альтернативы:

$$f(A_i^{v=2}) = \sum_{h=1}^n \sum_{j=1}^m KB_j * PV_h \rightarrow \max, \quad (15)$$

где  $PV_h$  – приведенный коэффициент весомости критериальной группы, при  $h$  – число наиболее значимых критериальных групп (при  $h \in \overline{1, g}$ ).

Расчет по формуле 15 базируется на использовании метода свертывания критериев. Целенаправленный выбор между  $A_i^{v=2}$  представляет собой процесс принятия решений, в результате которого осуществляется выбор СУС, наиболее целесообразной для разработки УИАИС.

Таким образом, для осуществления разработки УИАИС целесообразно выбрать СУС Joomla, функция полезность которой является наибольшей (4,61).

### Заключение

В соответствии с предложенной последовательностью этапов и шагов моделирования предприятие имеет возможность выбрать наиболее подходящую для разработки УИАИС систему управления содержимым. Введение 2-х циклов обработки множества критериальных групп и их элементного состава позволяет исключить из анализа и принятия решения наименее значимые группы и низкоприоритетные критерии. Такое 2-х уровневое усечение дает возможность

осуществить процесс принятия решений по выбору СУС только на основе значимых критериев, реализация которых является необходимой для разработки УИАИС.

**Список литературы:** 1. *Хорошевський О. І.* Автоматизація прийому замовлень на поліграфічному підприємстві // Матеріали 16-го міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка та молодь в XXI столітті», Харків 17-19 квітня 2012 р. Том 6. – Харків: ХНУРЕ, 2012. – С.449–450. 2. *Хорошевський О. І.* Метод выбора информационной удалённой издательской системы // Научно-технический журнал «Радіоелектронні і комп'ютерні системи. Фахове видання. Випуск 2 (54). – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2012. – С. 156–162. 3. *Хорошевський А. І.* Факторы повышения безопасности информационной удалённой издательской системы // Системи обробки інформації. Фахове видання. Випуск 3(101). – Харків: Харківський університет повітряних сил імені Івана Кожедуба, 2012. – С. 160–168. 4. Википедия [Електронний ресурс] / Система управління контентом. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://ru.wikipedia.org/wiki>. – Назва з екрана. 5. *Хорошевський А. І.* Исследование способов выбора удалённой информационной аналитической издательской системы для полиграфического предприятия // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційні системи і технології», присвяченій 75-літтю В. В. Свиридова. Харків, 22-29 вересня 2012. Харківський національний університет радіоелектроніки, 2012. – С. 121. 6. Web-to-print (Веб-ту-принт) [Електронний ресурс] / Сайт типографії «Ідея Принт». – Режим доступу: <http://web-to-print.ru>. – Назва з екрана. 7. *Марголін Е. М.* Экран-печать-бумага, или УИАИС / *Е. М. Марголін* // Новини поліграфії. Вип. № 1. – М.: Терція і К, 2011. – С. 12–17. 8. *Дубаков М. А.* Создание Web-страниц: искусство верстки. / М. Дубаков. – М.: Нове знання 2004, 287 с. 9. *Макаров І. М.* Теорія вибору і прийняття рішень: Учебне посібник / *І. М. Макаров, Т. М. Виноградська, А. А. Рубчинський, В. Б. Соколов*. – М.: Наука. Головна редакція фізико-математическої літератури, 1982. – 328 с. 10. Теорія статистики: Учебник / Під ред. проф. *Р. А. Шмойлової*. – 3-є изд., перероб. – М.: Фінанси і статистика, 1999. – 560 с. 11. *Кузін Б.* Методи і моделі управління фірмою / *Б. Кузін, В. Юрьєв, Г. Шахдінаров*. – СПб.: Пітер, 2001. – 432 с. 12. *Роберт Б.* Постройте профессиональный сайт сами / *Б. Роберт*. – СПб.: Пітер 2009. – 302 с. 13. *Адам П.* Создание Web-сайтов в Adobe GoLive CS2. 250 лучших приемов и советов / *П. Адам, Л. Гриллє*. – М.: ДМК Пресс 2006. – 384 с. 14. Сравнение систем управления контентом [Електронний ресурс] / Сайт CMS matrix. – Режим доступу: <http://www.cmsmatrix.org>. – Назва з екрана. 15. *Лорье Ж. Л.* Системы искусственного интеллекта: Пер. с франц. – М.: Мир, 1991. – 568 с. 16. *Лямец, В. І.* Системний аналіз. Вступний курс / *В. І. Лямец, А. Д. Тєвєшев*. – 2-е изд., перероб. і доп. – Харків: ХНУРЕ, 2004. – 448 с. 17. Таблиця розподілення [Електронний ресурс] / VassarStats: Critical Values of Chi-Square. – Електронні дані. – Режим доступу: [http://psystat.at.ua/Articles/Table\\_Chi-Square.pdf](http://psystat.at.ua/Articles/Table_Chi-Square.pdf). – Назва з екрана.

*Надійшла до редколегії 20.02.2013*

УДК: 005.53:655

**Моделирование процесса выбора СУС для разработки удалённой информационной аналитической издательской системы / Левыкин И.В., Хорошевский А.И** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. – № 11 (985). – С. 64-79. – Бібліогр.: 17 назв.

У статті моделюється процес вибору системи керування вмістом (СКВ) для розробки на її базі віддаленої інформаційної аналітичної видавничої системи (ВІАВС). Вибір базується на підставі двох циклів управління процесом визначення найбільш важливих критеріальних груп і їх елементного складу з можливістю усунення елементів, що є низько пріоритетними.

**Ключові слова:** систему керування вмістом, віддалена інформаційна аналітична видавнича система, поліграфічне підприємство, метод обробки експертної інформації, теорія статистики.

The paper simulated the process of selecting content management system (CMS) to develop on the basis of its remote data analysis publishing (RDAP). The choice is based on the basis of two-cycle management process of identifying the most important criterion groups and their elemental composition with the ability to truncate the elements that are of lower priority. Im. 0. Bibliogr.: 17 titles.

**Keywords:** content management system, remote data analytic publishing, printing company, expert information processing method, the theory of statistics.

## УДК 681.5

**В. Я. КОПП**, д-р тех. наук, проф., СевНТУ, Севастополь;

**С. А. КАЧУР**, канд. тех. наук, доц., СХУЯЭиП, Севастополь

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ СИСТЕМАМИ В НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЯХ НА БАЗЕ МОДЕЛЕЙ СЕТЕЙ ПЕТРИ**

Предложен метод построения системы интеллектуального управления на основе понятий следующих областей знаний: 1) физиологии человека; 2) теории автоматического управления; 3) искусственного интеллекта; 4) теории сетей Петри; 5) теории системного анализа. Проведен количественный сравнительный анализ существующих искусственных нейронных сетей и предложенной модульной нейроподобной сети на базе сетей Петри. Ил.:4. Библиогр.:9 назв.

**Ключевые слова:** системы интеллектуального управления, сложные системы, аварийная ситуация, нейронные сети, сети Петри.

**Введение.** В настоящее время для сложных систем принципиально безразлично, является ли процесс управления полностью автоматическим или же в отдельных (или во всех) контурах управления участвует оператор. На современном этапе без участия человека не удастся осуществить управление всеми технологическими процессами сложной системы, например, реакторной установки. Однако ведутся интенсивные работы по использованию нейроподобных систем для организации контроля, управления и защиты для таких систем. Модели и методы искусственного интеллекта (ИИ), а также современной теории автоматического управления являются базовыми в этих разработках. Основное назначение этих разработок – снижение нагрузки оператора в аварийных ситуациях.

#### **Анализ проблемы**

Рассматриваются подходы к созданию современных систем интеллектуального управления (СИУ). В рамках этого направления большое внимание уделяется методам и моделям искусственного интеллекта (ИИ). Например, таким исследованиям, как распознавание образов, восприятие зрительной, слуховой и других видов информации, методам ее обработки с целью выделения существенных признаков воспринимаемых объектов и осуществления их классификации. Если множество признаков, разделяющих объекты на классы заранее не известно, то возникает задача обучения распознаванию образов или самообучения распознаванию образов. Поэтому данное направление ИИ близко к машинному обучению и неразрывно связано с нейросетями [1-3].

Под СИУ будем понимать «искусственный мозг», который строится и функционирует по аналогии с мозгом человека [4]. Аналогия СИУ с человеческим мозгом условна, так как процесс мышления является духовной деятельностью и в целом присущ только человеческому мозгу. Несмотря на это, представления о